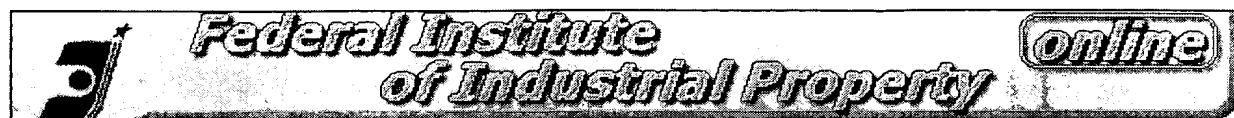
Abstract Drawing**RUSSIAN PATENTS  
ABSTRACTS (1994-2001)**

AX

**RUABEN DB**

(110) Publication Number: 2088056  
(130) Kind of Document: C1  
(140) Publication Date: 1997.08.20  
(190) Publishing Country or Organization: RU  
(210RU) Application Number: 93026207/07  
(220) Date of Filing: 1993.05.07  
(460) Claim(s) date: 1997.08.20  
(516) Edition of International Classification: 6  
(511) International Classification: H05H3/02  
(511) International Classification: H01J37/317  
(511) International Classification: H01J37/36  
(511) International Classification: H01L21/302  
(542) TITLE: GENERATOR OF ATOM HYDROGEN  
(711) APPLICANT: Gosudarstvennoe nauchno-proizvodstvennoe predpriyatiye "NIIPP"  
(721RU) INVENTOR: Kagadej V.A.  
(721RU) INVENTOR: Proskurovskij D.I.  
(721RU) INVENTOR: Trojan O.E.  
(731) Grantee: Gosudarstvennoe nauchno-proizvodstvennoe predpriyatiye "NIIPP"

Abstract Drawing



**Patent documents**

**QUERY**

**QUERY RESULTS**

**DB SELECTION**

**INSTRUCTIONS**

**STATISTICS**

**SUPPORT**

**e-mail**

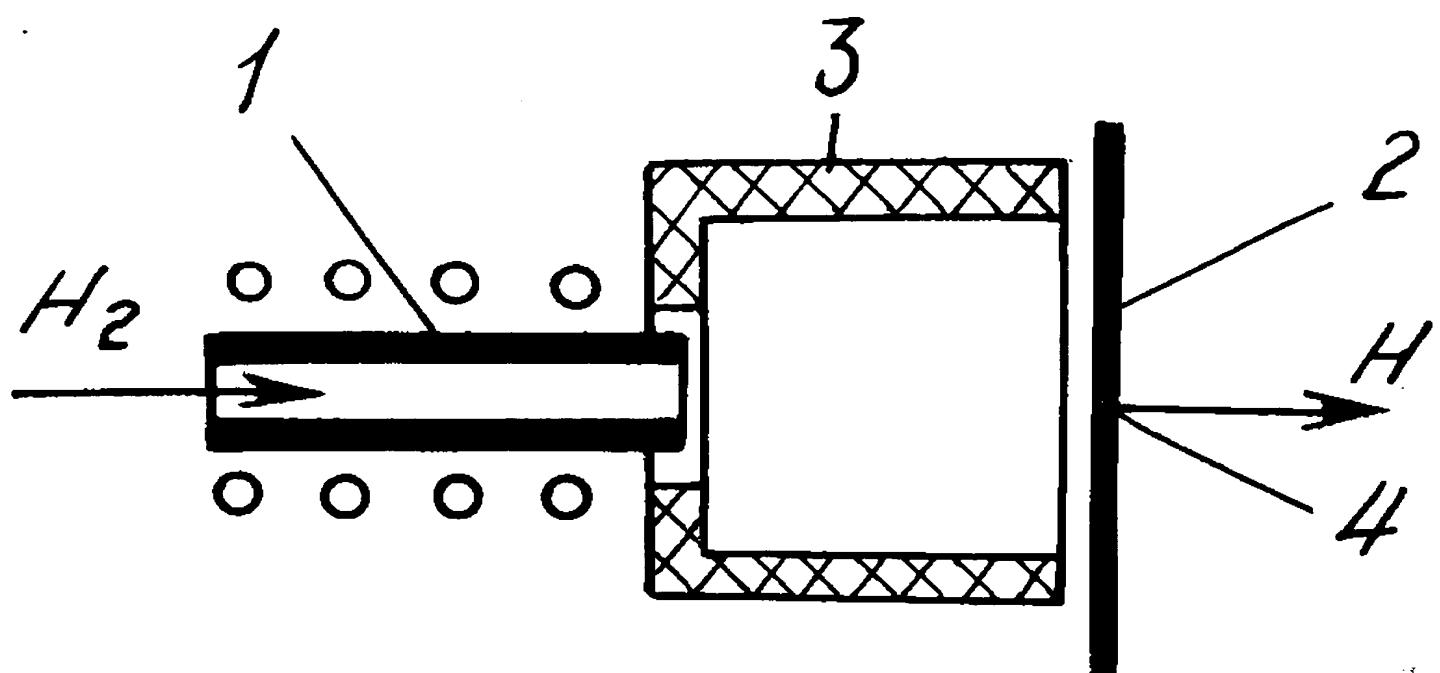
**EXIT**

**Bibliography Drawing**

**Abstract**

**FIELD:** microelectronics. **SUBSTANCE:** method involves generation of hydrogen using gas direct current discharge of 1-3 A, glowing voltage is 50-100 V, hydrogen pressure in discharge is greater than 0.04 mm of mercury column. Generator has device which generates magnetic field for running gas discharge in discharge chamber. Hollow cathode enters into chamber of cylindrical anode in order to increase volume of generation region with dense plasma. This results in ignition of additional magnetron discharge between external surface of hollow cathode and inner surface of anode. **EFFECT:** increased efficiency, increased concentration of electrons in plasma of gas discharge. 3 dwg

**Bibliography Drawing**



Фиг. 1



Комитет Российской Федерации  
по патентам и товарным знакам

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
к патенту Российской Федерации

**RU 2088056 C1**

1

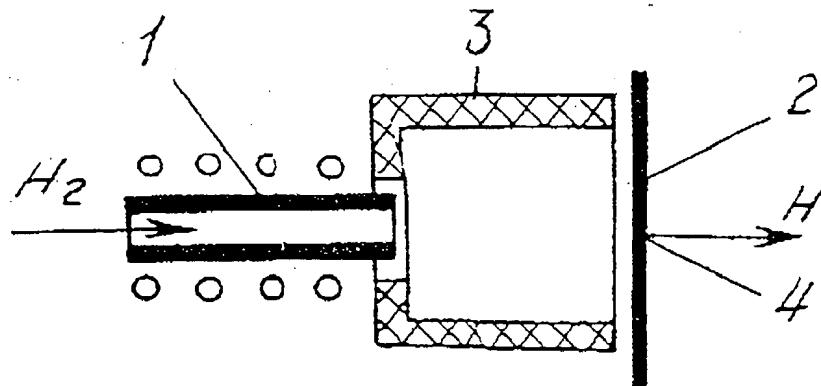
(21) 93026207/07 (22) 07.05.93  
 (46) 20.08.97 Бюл. № 23  
 (72) Кагадей В.А., Прокуровский Д.И.,  
 Троян О.Е.  
 (71) (73) Государственное научно-производственное предприятие "НИИПП"  
 (56) 1. Takeyoshi S., Mitsuo K. - Low - temperature cleaning of CaAs substrate by atomic hydrogen irradiation. - Jap. J. Appl. Phys. Pt.2, 1991. - 30, 3, p. L402-L404. 2. Pearton S.J., Haller E.E. - Palladium - and platinum - related levels in silicon: Effect of hydrogen plasma - J. Appl. Phys 54 (6), 1983, p. 3613 - 3618. 3. Corbet J.W., Pearton S.J. M. Stavola. - Hydrogen in semiconductors. - Defect Contr. Semicon. Proc. Int. Conf. Sci. and Technol. Yokogama. 1989, Sept. 17 - 22. 4. Заявка N2 - 89313 Япония, гл. Н 01 L 21/304, Н 01 L 21/302, 1990. 5. Tanaka Y., Kunitsugu Y., Suemune i., Honda Y., Kan Y., Yamashita M. - Low - temperature CaAs epitaxial growth using electron - cyclotron

2

resonance / metallorganic - molecular - beam epitaxy. J. Appl. Phys. 64(5), 1988, p. 2778 - 2780. 6. Sherman A. - In situ removal of native oxide from silicon wafers. J. Vac. Sci. Technol. B8(4), 1990, p. 656 - 657 (прототип). 7. Nakashima K., Ishi M., Tajima I., Yamamoto M. - Existence of threshold density in silicon surface cleaning using hydrogen electron - cyclotron resonance plasma. - Appl. Phys. Lett. 1991, 58, N 23, p. 2663 - 2665.

(54) ГЕНЕРАТОР АТОМАРНОГО ВОДОРОДА

(57) Использование: в технологии микроЭлектроники для генерации атомарного водорода на основе газового разряда постоянного тока. Сущность изобретения: увеличение эффективности получения атомарного водорода достигается путем объединения в одном устройстве различных механизмов диссоциации молекулярного водорода, а также увеличения концентрации электронов

**C1****2088056****RU**

*Фиг. 1*

3

2088056

в плазме газового разряда. Ток разряда составляет 1 - 2 А, напряжение горения ~50 - 100 В, давление водорода в разряде ~больше  $4 \cdot 10^{-2}$  Торр. Генератор содержит устройство, создающее магнитное поле для горения денинговского газового разряда в разрядной камере. Для увеличения объема области

4

генерации с плотной плазмой полый катод проникает в полость цилиндрического анода. В результате между внешней поверхностью полого катода и внутренней поверхностью анода дополнительно инициируется магнетронный разряд. 3 ил.

Изобретение относится к технологии микроэлектроники, а именно к устройствам для получения химически активных частиц, а еще точнее, к генераторам атомарного водорода.

Генераторы химически активных частиц широко используются при производстве изделий микроэлектроники. Так обработка Si, Ge, GaAs, InP и других полупроводников атомарным водородом с успехом применяется для очистки подложек с целью получения атомарно чистой упорядоченной поверхности, для пассивации носителей и дефектов, лежащих на глубоких уровнях [1 - 3].

Известен генератор атомарного водорода [4], в котором используется вольфрамовая нить, разогретая до  $T = 2000^{\circ}\text{C}$ . Молекулярный водород, напускаемый в вакуумную камеру, термически диссоциирует на накаленной нити. При этом выход атомарного водорода составляет около 0,1% от общего количества подаваемого газа. Недостатком данного генератора является низкая производительность и эффективность получения атомарного водорода.

Известен генератор атомарного водорода на основе СВЧ-газового разряда в условиях электронного циклотронного резонанса [5]. Производительность и эффективность получения атомарного водорода в таких источниках высоки. Основным недостатком данного генератора является его высокая стоимость и сложность.

Известен генератор атомарного водорода, наиболее близкий к предлагаемому техническому решению и выбранный нами в качестве прототипа [6], в котором генерация атомарного водорода происходит в разряде постоянного тока. Разрядная камера при этом состоит из полого водоохлаждаемого катода 1 (см. Фиг. 1) и дискового анода 2 с эмиссионным отверстием 4 диаметром 2,5 мм, разделенных цилиндрическим изолятором 3. Напряжение горения разряда  $U_p$  составляет 600 В, а ток разряда  $I_p = 0,1$  А. Давление водорода в разрядной камере около  $P = 3 \cdot 10^{-1}$  Торр. Достоинство данного генератора заключается в его простоте. Основные недостатки генератора заключаются в следующем.

1. Невысокая производительность получения атомарного водорода вследствие малого разрядного тока.
2. Высокое напряжение горения разряда, что приводит к неэффективности работы генератора. Большая энергия ионов в разряде способствует эрозии катода и увеличивает

вероятность радиационного повреждения подложки протонами.

3. Высокое давление водорода в разрядной камере и, как следствие, в зоне обработки.

Целью настоящего изобретения является усовершенствование конструкции генератора для увеличения производительности и эффективности получения атомарного водорода. Увеличение выхода атомарного водорода из генератора и, следовательно, рост его концентрации в зоне обработки приводят к повышению эффективности и сокращению времени технологической операции. Кроме того, это позволяет проводить очистку поверхности подложки в условиях стандартного технологического вакуума ( $\approx 10^{-6}$  Торр), тогда как при малых концентрациях атомарного водорода необходимо поддерживать вакуум на уровне ( $10^{-7} - 10^{-9}$  Торр) [7].

Поставленная цель достигается тем, что предлагаемый генератор содержит устройство, создающее магнитное поле, обеспечивающее горение пенингтонского газового разряда в разрядной камере, образуемой последовательно расположенным и имеющими общую ось симметрии теплоизолированным тонкостенным полым катодом, цилиндрическим анодом и отражательным / плоским / катодом, выполненным из магнитного материала и имеющим эмиссионное отверстие. С целью увеличения объема области генерации с плотной плазмой полый катод проникает в полость цилиндрического анода. В результате этого между внешней поверхностью полого катода и внутренней поверхностью анода дополнительно инициируется магнетронный разряд.

Конструкция предлагаемого генератора изображена на фиг. 2 и представляет собой осесимметричную систему, состоящую из тонкостенного теплоизолированного катода 1, цилиндрического анода 2, плоского катода 4 и устройства, создающего магнитное поле 5. Электроды 1, 2, 4 разделены цилиндрическими изоляторами 3. Эмиссионное отверстие 6 выполнено в плоском катоде. Держатель тонкостенного теплоизолированного полого катода, анод и плоский катод имеют принудительное водяное охлаждение. Электрическое питание генератора осуществляется от высоковольтного источника постоянного тока. Газовое питание осуществляется через натекатель, позволяющий регулировать давление газа в разрядной камере.

Конструкция устройства разработана на следующих известных и установленных авторами экспериментально фактах. Разло-

жение молекулярного водорода на атомарный может происходить посредством термо- или фотодиссоциации, а также диссоциации электронным ударом. Последний процесс наиболее эффективен, поэтому диссоциация газовом разряде является предпочтительным способом получения атомарного водорода. Рост концентрации электронов в плазме, т.е. тока разряда, является основным механизмом, позволяющим значительно увеличить выход атомарного водорода. Увеличение времени жизни электронов (т.е. длины пробега до попадания на электрод или рекомбинации) и выбор их (оптимальной энергии (т.е. напряжения горения разряда) также приводит к росту концентрации атомарного водорода в плазме. Наличие накаленных деталей в зоне разряда и излучение разрядом фотонов дополнительно увеличивают степень диссоциации водорода.

Экспериментально авторами установлено, что предлагаемая геометрия разрядной камеры приводит к увеличению производительности и эффективности получения атомарного водорода с помощью всех вышеуказанных механизмов. Увеличение концентрации электронов в плазме газового разряда происходит за счет возникновения термоэмиссии электронов из тонкостенного теплоизолированного полого катода. Под действием протекающего по нему разрядного тока он саморазогревается до высоких температур ( $\approx 2000^{\circ}\text{C}$ ). Эмиссия электронов в плазму приводит к увеличению тока разряда до нескольких ампер и снижению напряжения горения разряда до  $U_p = 50 - 100$  В (см. вольт-амперную характеристику разряда, приведенную на фиг. 3). Введение части полого катода в полость цилиндрического анода способствует образованию дополнительного объема с плотной плазмой, в котором происходит эффективная генерация атомарного водорода. Эта плазма возбуждается между внешней стороной полого катода, введенного в полость анода, и внутренней стороной цилиндрического анода вследствие ионизации между этими электродами магнетронного разряда. Кроме прямого увеличения тока разряда и, следовательно, количества диссоциированного водорода, магнетронный разряд приводит к дополнительному разогреву теплоизолированного полого катода. Рост времени жизни электронов в разряде происходит за счет удлинения траектории их движения в скрещенных магнитном и электрическом полях и осцилляции электронов между двумя катодами. Термодиссоциация водорода на накаленном

тонкостенном теплоизолированном полом катоде и дополнительная фотодиссоциация, возникающая вследствие увеличения плотности плазмы и, следовательно, свечения разряда, также приводят к увеличению степени диссоциации молекуларного водорода. Оценки показывают, что количество атомарного водорода по отношению к общему числу запускаемого в камеру молекулярного водорода может достигать десятков процентов.

Таким образом, предлагаемый генератор позволяет увеличить ток разряда по отношению к устройству-прототипу не менее чем в 30 раз, при этом потребляемая мощность возрастает только в 5 раз. Учитывая, что ток разряда напрямую связан с выходом атомарного водорода, можно сделать вывод, что предлагаемое устройство значительно повышает производительность получения атомарных частиц. Полагая, что эффективность получения атомарного водорода равна отношению тока разряда к введенной в разряд электрической мощности, можно показать, что предлагаемое устройство позволяет увеличить эффективность получения атомарных частиц в несколько раз.

Снижение напряжения горения разряда  $\approx 6$  раз по сравнению с устройством-прототипом позволяет увеличить срок службы электродов разрядной ячейки за счет снижения их распыления ионами водорода, значительно уменьшает вероятность радиационного повреждения обрабатываемой полоски ионами, вышедшими из разряда, и увеличивает эффективность работы устройства.

В предлагаемом устройстве функционирование разряда обеспечивается в широком диапазоне давлений водорода в разрядной камере от  $P \approx 4 \cdot 10^{-1}$  Торр (что реализуется и в устройстве, выбранном за прототип) до  $P \approx 4 \cdot 10^{-2}$  Торр, что ниже минимального давления, при котором возможна работа прототипа. Уменьшение минимального давления водорода в разряде приводит к существенному увеличению гибкости технологического процесса обработки полупроводниковых подложек и позволяет проводить ее при давлении в зоне обработки  $P \approx 1 \cdot 10^{-4}$  Торр. Согласно литературным данным [1, 4], это значение близко к оптимальному давлению для проведения очистки поверхности полупроводников. Кроме того, работа генератора при давлении газа в разряде  $P \approx 4 \cdot 10^{-2}$  Торр приводит к сокращению расхода водорода.

Управление производительностью генератора атомарного водорода и, следовательно,

9

2088056

10

параметрами технологического процесса обработки полупроводниковой подложки производится посредством изменения разрядного тока и величины потока водорода, поступающего в разрядную камеру.

Тонкостенный теплоизолированный катод изготавливается из тугоплавких металлов, слабо реагирующих с водородом (например, Re, W). Толщина стенок катода определяется с одной стороны, его механической прочностью, а с другой - возможностью безынерционного эффективного нагрева катода протекающим по нему разрядным током. Эксперименты показали, что толщина  $d = 100 \text{ мкм}$  вполне удовлетворяет этим требованиям.

Держатель тонкостенного теплоизолированного катода и плоский катод, с целью концентрации магнитного поля в области горения разряда, изготавливаются из магнитных металлов. Например, можно использовать Ст3, 30Х13 и др. Цилиндрический анод изготавливается из немагнитного материала. Лучше всего для этой цели подходит нержавеющая сталь 12Х18Н10Т. Величина магнитного поля должна, с одной стороны, эффективно увеличивать длину траектории электрона в плазме, а с другой - быть не больше величины, выше которой плотность плазмы уже практически не изменяется, а затраты на получение такого магнитного поля возрастают. Наиболее просто для создания магнитного поля использовать постоянные магниты. Магниты на основе сплава самария и кобальта, обеспечивающие магнитную индукцию  $0,1 - 0,12 \text{ Тл}$ , отвечают вышеуказанным требованиям. Размер эмиссионного отверстия в плоском катоде определяется перепадом давления, который

необходимо получить между разрядной камерой и зоной обработки полупроводниковой подложки. Обычно этот размер составляет 1 - 3 мм.

Ниже для иллюстрации эффектов, производимых вводимыми признаками, приведен пример, описанный со ссылками на чертежи.

Пример.

Получение атомарного водорода производилось с помощью генератора, представленного на Фиг. 2. Тонкостенный теплоизолированный полый катод 1, изготовленный из вольфрамовой фольги толщиной 100 мкм, проникал в полость цилиндрического анода 2 на длину, равную половине длины анода. При подаче напряжения на электроды в области 7 загорался пенинговский отражательный разряд с полым катодом, а в области 8 - магнетронный разряд. После включения источника питания генератора разогрев полого катода до максимальной температуры и выход генератора на режим происходил за время 1 - 3 с. Характерная вольт-амперная характеристика (ВАХ) разряда приведена на Фиг. 3. Из сравнения режимов работы устройства-прототипа и данного генератора видно, что использование предлагаемого устройства позволяет увеличить разрядный ток в = 30 раз при одновременном снижении напряжения горения в  $\approx 6$  раз. Потребляемая электрическая мощность при этом возросла только в 5 раз. Существование падающего участка ВАХ обусловлено термоэмиссией электронов из тонкостенного теплоизолированного катода, температура которого возрастает при увеличении разрядного тока.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

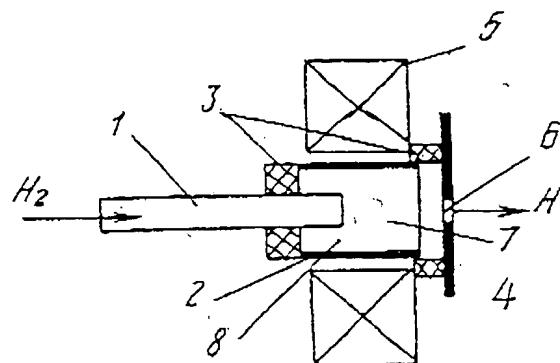
Генератор атомарного водорода на основе разового разряда, в состав которого входит разрядная камера с эмиссионным отверстием, содержащая систему электродов с общей осью симметрии, включающую анод и полый катод, отличающийся тем, что он содержит устройство, создающее магнитное поле, обеспечивающее горение пенинговского разряда в камере, дополнительный отражатель-

ный катод, выполненный из магнитного материала, при этом анод выполнен цилиндрическим и расположен между полым и отражательным катодом, эмиссионное отверстие выполнено в отражательном катоде, а полый катод выполнен тонкостенным и теплоизолированным и частично введен в полость цилиндрического катода.

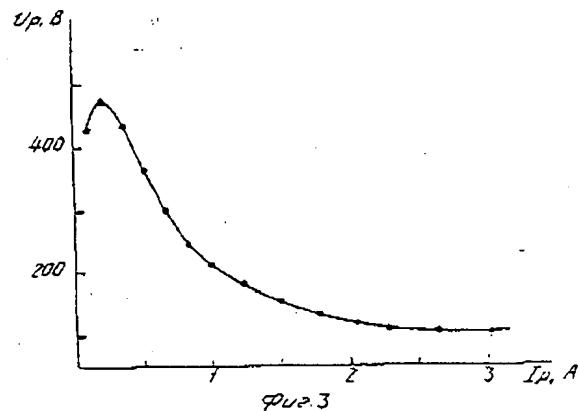
11

2088056

12



Фиг.2



Заказ 394  
 ВНИИПИ, Рег. ЛР № 040720  
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4/5

121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.  
 Производственное предприятие «Патент»